UNIVERSIDAD LABORAL DE ALCALÁ DE HENARES

ESCUELA UNIVERSITARIA DE

INGENIERÍA TÉCNICA DE TELECOMUNICACIÓN

Especialidad: EQUIPOS ELECTRÓNICOS

1972-1975

SISTEMAS REALIMENTADOS DE CONTROL

APLICACIONES DE LOS AMPLIFICADORES OPERACIONALES EN LOS CIRCUITOS DIGITALES

- TEMA 11 -

APLICACIONES DE LOS AMPLIFICADORES OPERACIONALES EN LOS CIRCUITOS DIGITALES

Curso 1974-75

ancho de banda debido a las frecuencias de corte que introduce cada paso.

Las exigencias de los circuitos digitales son poder conmutar de los dos estados lógicos de una forma rápida los que indica poseer un gran ancho de banda: $t_c = K\frac{1}{f_c}$ siendo f_c la frecuencia de corte y K una constante de proporcionalidad. Por lo cual estos elementos introducirían una lentitud excesiva en los circuitos digitales.

3º.- De lo anterior se deduce que el emplificador operacional real (ancho de banda reducido) no es directamente utilizable en circuitos digitales, por lo que hemos de perder algunas de sus características a fin de poder aprovechar otras sin reducir excesivamente el tiempo de commutación.

Las propiedades más interesantes cuya aplicación podrá ser utilizada serán:

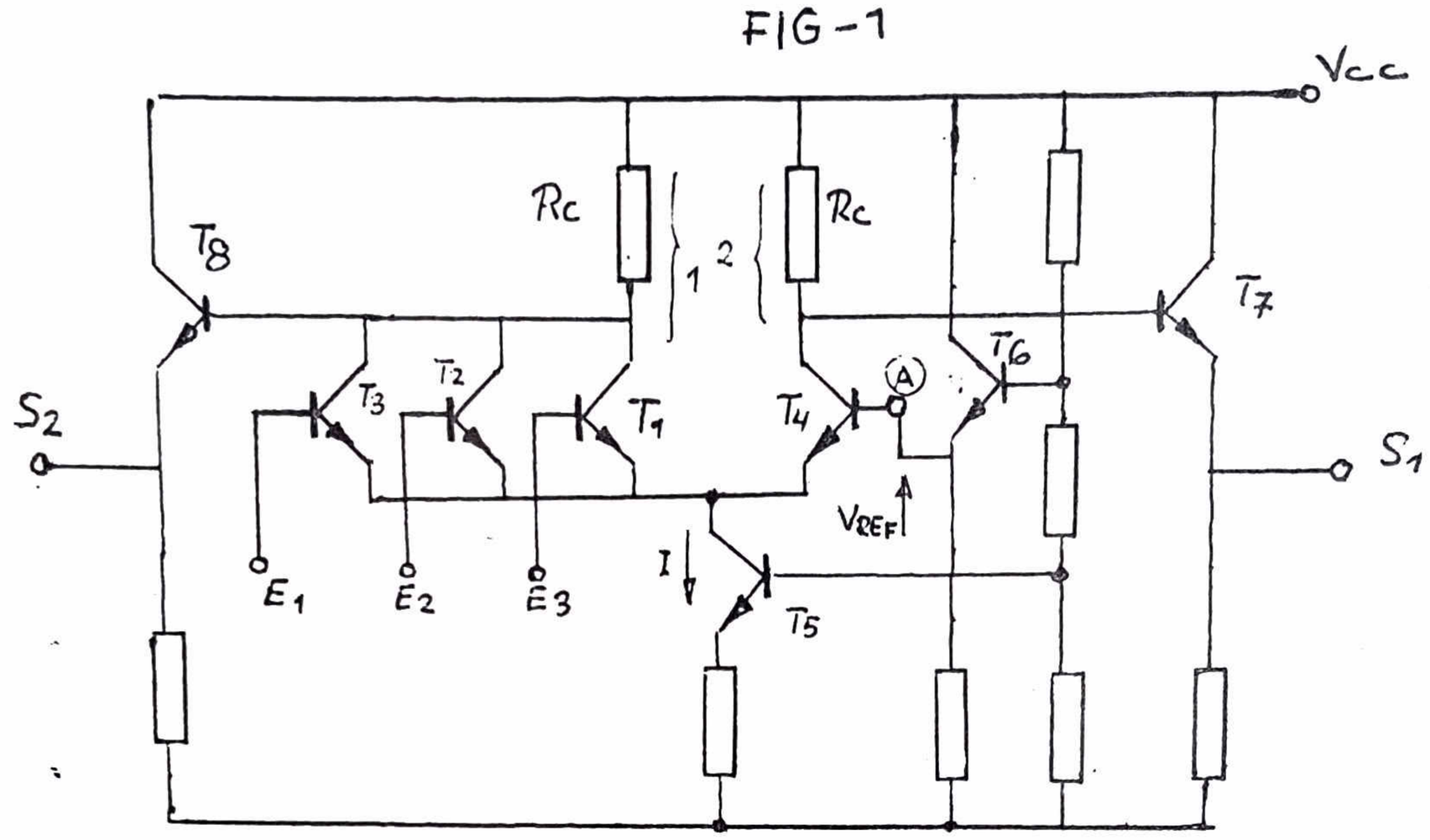
- Ganancia diferencial apreciable.
- Ganancia en modo común practicamente nula.
- Baja impedancia de salida.
- Ancho de banda muy grande.

4º.- La primera aplicación son las puestas digitales no saturadas.

Muchas tecnologias digitales basan sus dos estados lógicos en situaciones de transistores al corte o saturación, siendo ese último estado el que retrasa relativamente la velocidad de conmutación (para pasar del estado de satución al corte se hace en dos etapas: primero de saturación a zona activa y segundo de zona activa a corte) con lo cual se invierte un tiempo excesivo en ~~pese~~ la conmutación total. Por consiguiente para reducir este tiempo de conmutación, en lugar de estar situado el transistor en saturación sele situa en zona activa, y el tiempo de conmutación de redu-

ce enormemente y por esta razón se le llama a este tipo de puertas lógicas "no saturadas". La fig. 1 representa una de estas puertas lógicas no saturadas:

FIG-1



en ella se puede ver que, prácticamente, es un amplificador operacional, donde T_1 y T_4 representan el par diferencial de entrada; T_5 la fuente de corriente constante; T_7 y T_8 adaptadores de impedancia a la salida; T_6 tiene como fin crear tensiones de refencia interna; T_2 y T_3 son expansores de entrada (están en paralelo con el transistor T_1). Su funcionamiento es el siguiente: El T_6 crea una tensión de referencia en el punto A: si cualquiera de las entradas E_1, E_2 y E_3 está a un potencial superior al de refencia, toda la corriente I pasará por la rama 1 y la tensión de salida V_{s2} será $V_{cc}-IR_c-V_\gamma$ y la tensión de salida V_{s1} será $V_{cc}-V_\gamma$.

Si cualquiera de las entradas está aun potencial inferior al de referencia toda la corriente I se deriva por la rama 2 y la tensión V_{s2} será $V_{cc}-V_\gamma$ y la tensión de salida V_{s1} será $V_{cc}-IR_c-V_\gamma$; si asimilamos la tensión $V_{cc}-V_\gamma$ al "1" lógico y a $V_{cc}-IR_c-V$ al "0" lógico, haciendo además "V_1" $> V_A >$ "V_o", obtenemos que esta es la representación de una puerta OR. Este ~~ti~~ circuito ofrece una serie de ven-

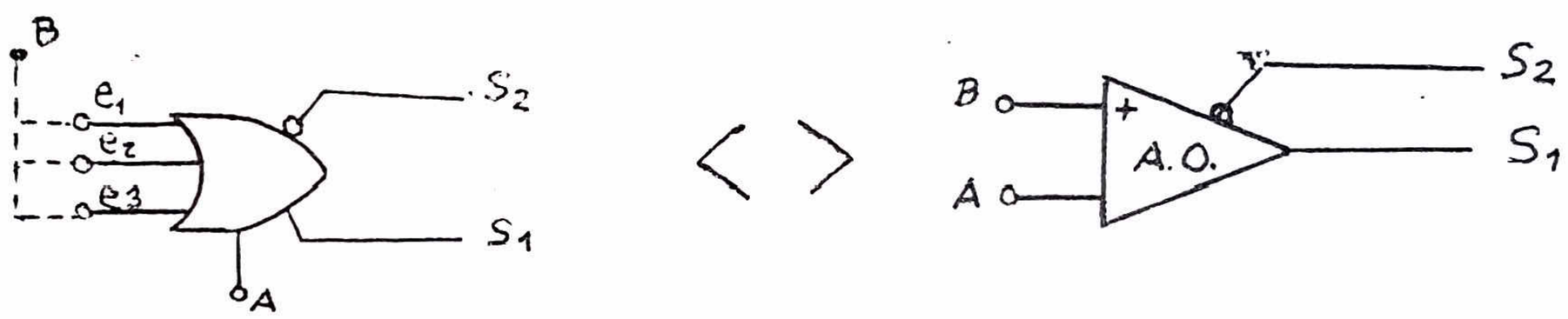
tajas como puerta lógica:

- Elevada velocidad de conmutación. Ningún transistor llega a saturarse en ningún momento.
- Elevada estabilidad frente a la temperatura, Los dos niveles lógicos no dependen de la temperatura.

Desventajas:

- Elevado consumo de potencia:
- Baja inmunidad al ruido, por ser muy poco diferenciadas las tensiones "0" y "1".

Muchas puertas E.C.L. dejan libre el punto A a fin de poderse aplicar como amplificador operacional:



en las que sus caractterísticas podrian ser:

- 5 K. de impedancia de entrada.
- 60 Ω de impedancia de salida.
- 40 Db. de ganancia de tensión.
- 95 Db. de R.R.M.C.
- Ancho de banda desde frecuencia cero hasta 10^9 Hz.

como vemos, el precio pagado por el amplificador operacional para conseguir este ancho de banda, ha sido a costa de degradar las cualidades 1 y 3.

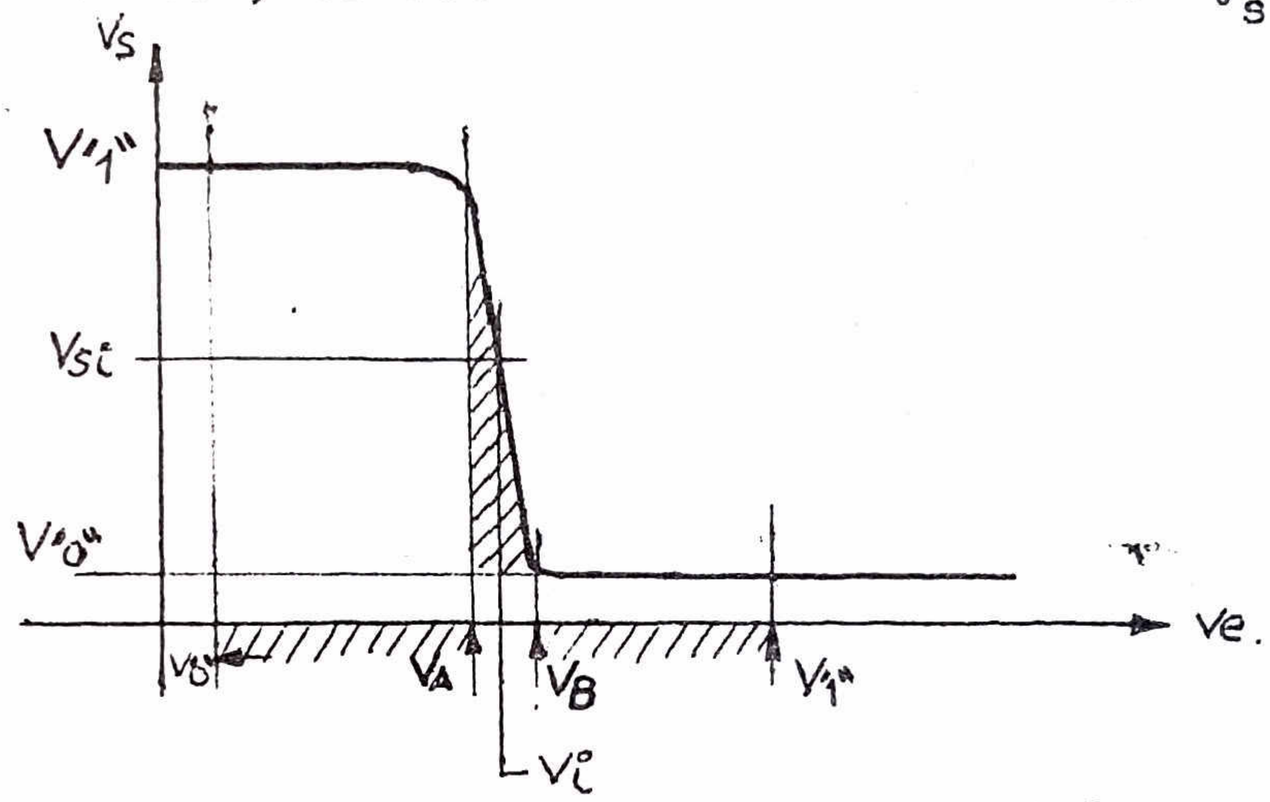
5º.- Otra aplicación importante del amplificador operacional es, basandonos en su R.R.M.C. , la anulación del ruido.

La R.R.M.C nos indica que la tensión de salida es prá

ticamente insensible a la tensión común a las dos entradas y solo depende del modo diferencial.

Así pués, en circuitos digitales es necesario muchas veces transmitir datos a distancias grandes sometidas a la influencia del ruido (pulsos de retorno de masa, inducciones externas etc...).

En las puertas logicas normales, la separación de los niveles logicos "1" y "0" no es muy elevada. Veamos un ejemplo hipotético de un inversor y su curva de transferencia ($\frac{V_e}{V_s}$)



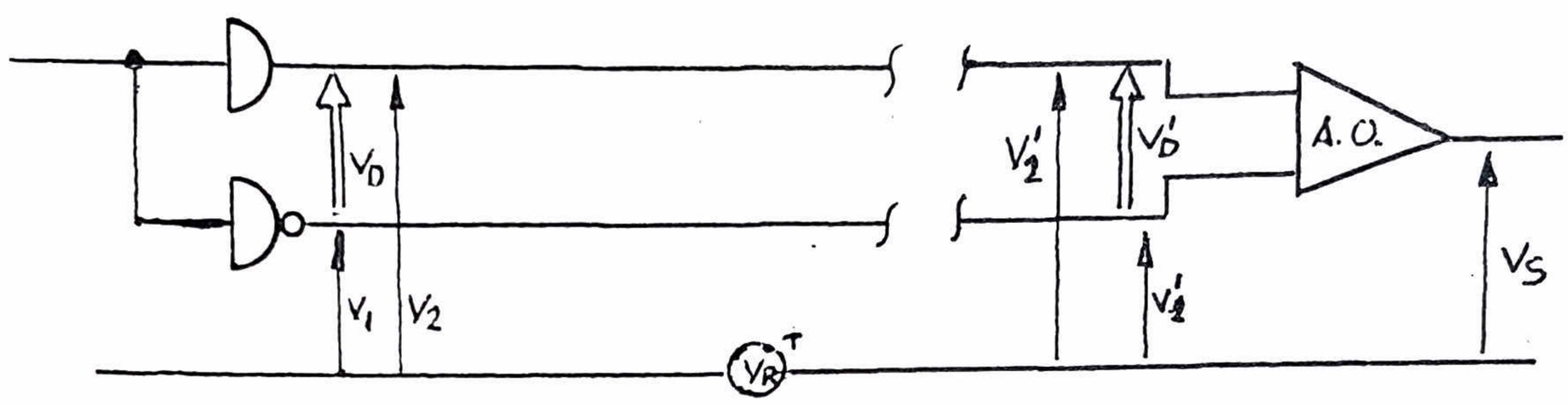
Esta nos indica que su margen de ruido del "0" que es $V_A - V_0$ (~~del "1" que es $V_1 - V_B$~~) es la máxima variabilidad de tensión -- sobre el "0" logico para que la salida este en el "1" logico; -- quiere esto decir que si al "0" logico se le suma un ruido (pulso aleatorio) superior al margen de ruido, la salida del inversor ya no es probable que este en el "1" logico por haber entrado en en la zona de transición de la curva de transferencia, ($V_B > V_i > V_A$; $V_S = V_{Si} < V_1$") , así pues un ruido superior al nivel $V_A - V_0$ o $V_1 - V_B$ es capaz de producir un error en la detección (detectar un "0" habiendo un "0" o detectar un "1" habiendo un "1").

Con todo lo anteriormente expuesto y debido al bajo marjen de ruido de las puertas usuales, 1'2 V. para la tecnología T.T.L. , 0'75 V. para la tecnologíaE.C.L. 1'5 para la D.T.L. etc.., en un sistema de transmisión donde el ruido fuera superior a estos niveles sería imposible separar la información del ruido en

una configuración nórmal.

Un amplificador operacional con elevada R.R.M.C. sí es capaz de separarlo siempre que este se produzca en modo común en el sistema de transmisión.

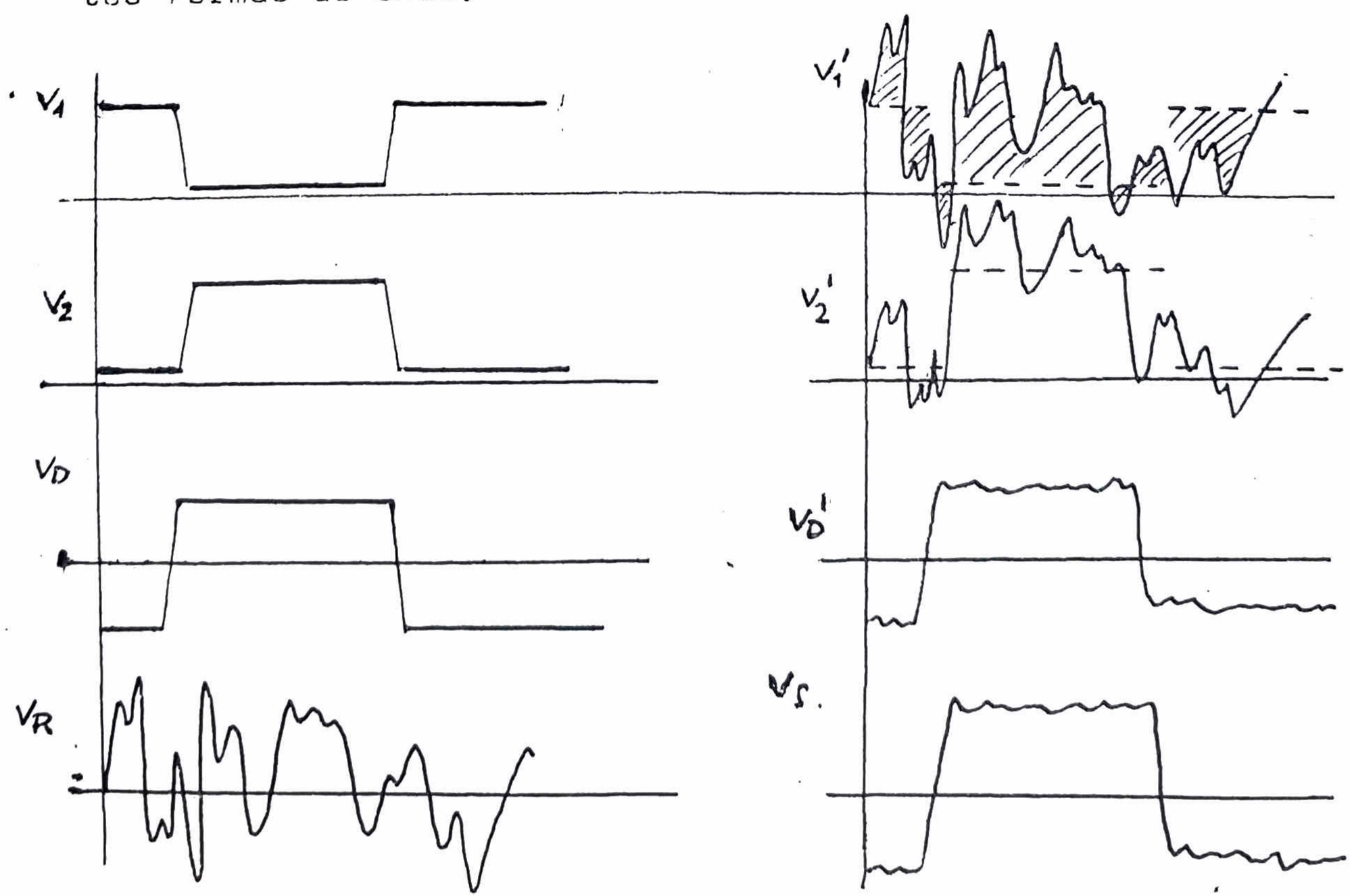
Así pues sea un sistema como el de la figura:



En que la información se transmite por tres cables uno común a masa y los otros dos tranamitiendo la información con respecto a masa.

El ruido se introduce en este sistema practicamente en la resistencia de la masa, de la fuente de alimentación, representados todos ellos por el generador Vr.

Del analisis efectuado anteriormente obtenemos las siguientes formas de onda:



Vemos que aunque el rúido sea superior a la diferencia de los dos niveles logicos la salida es independieste de este y solo depende de la información.

Este amplificador necesitará las siguientes caracteristicas:

1- R.R.M.C. elevada

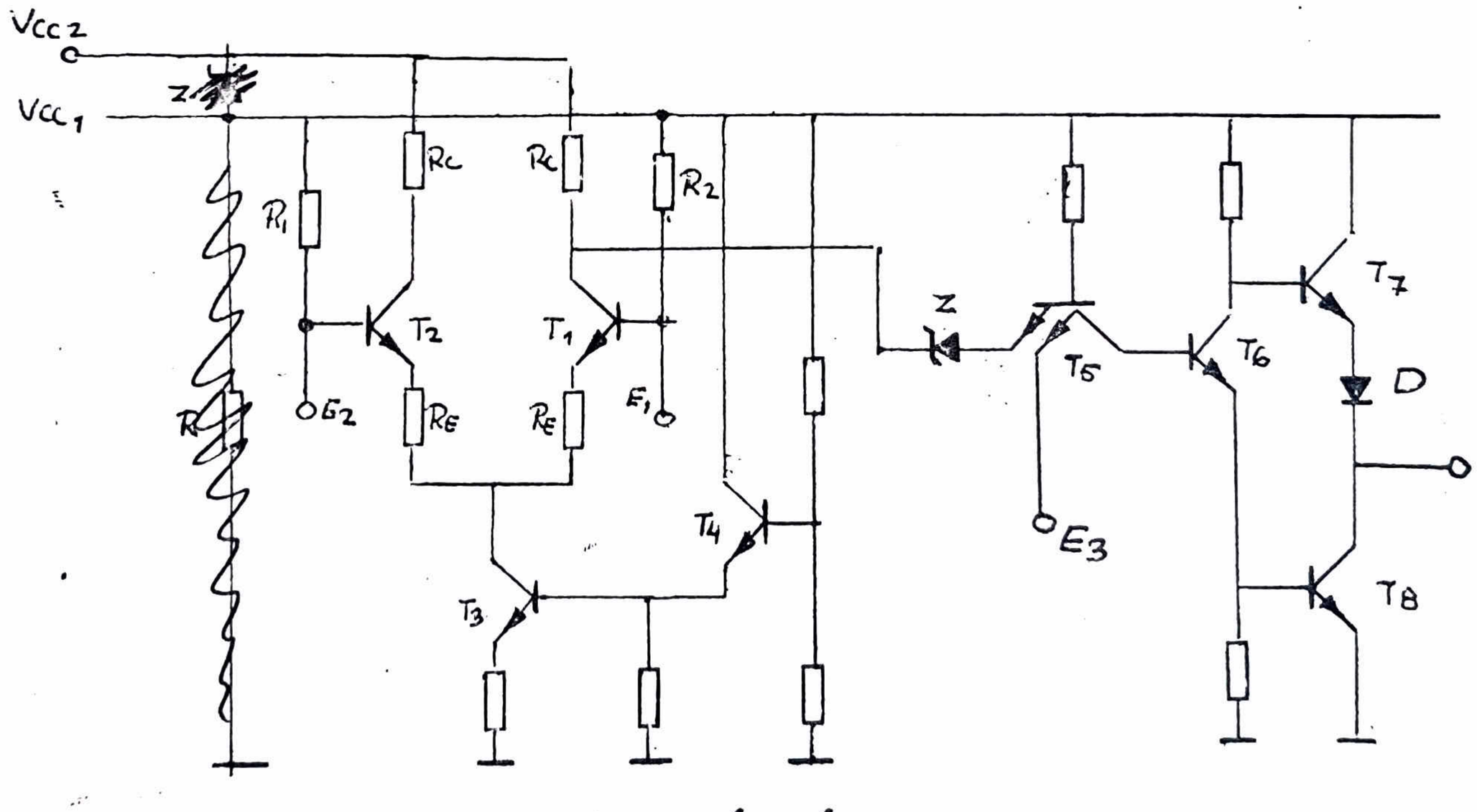
2- Margen amplio del modo común

3- Ganancia en modo diferencial no superior a la unidad

4- Ancho de banda elevado

5- La tensión de salida digital tiene que adaptarse a los margenes digitales de la tecnología siguiente.

Un amplificador de este estilo sería el representado en la figura:

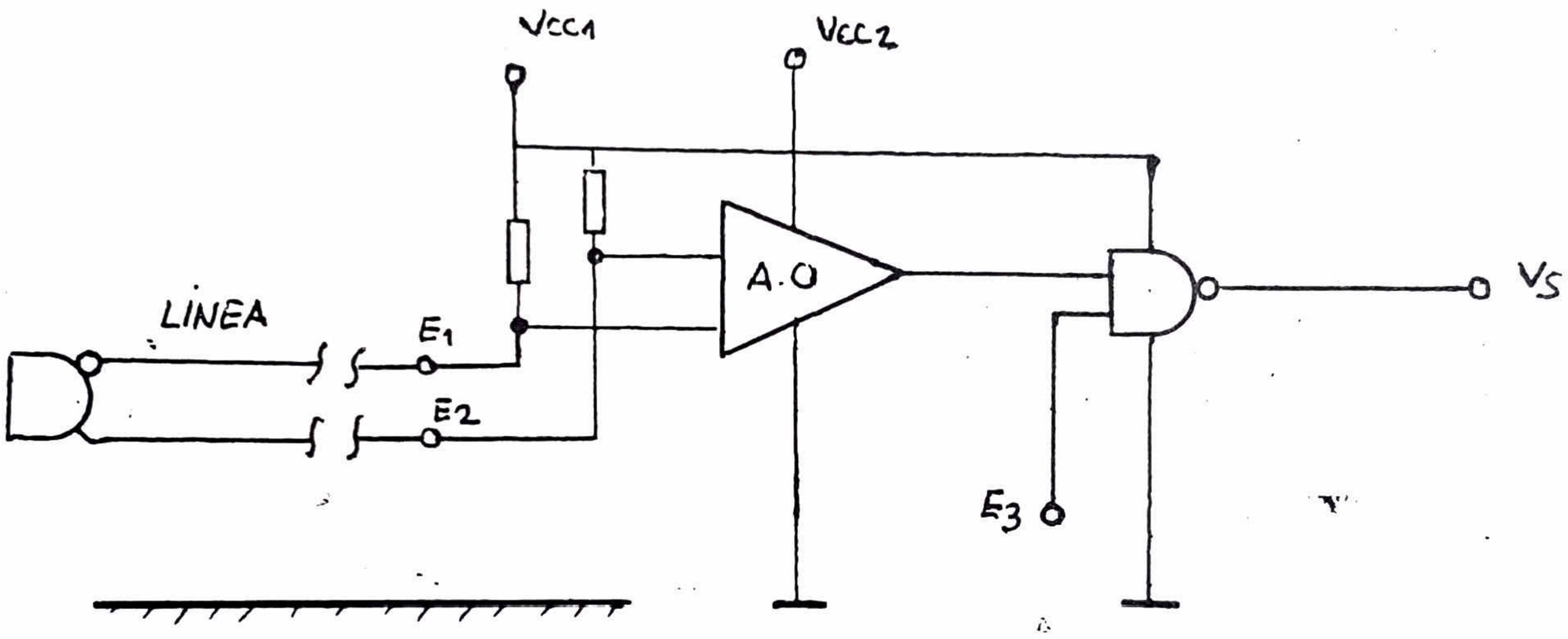


Su funcionamiento sería más o menos el siguiente:

El par diferencial de entrada T1, T2 junto con la fuente de corriente T3 son las encargadas de separar el modo común; está el A.O polarizado a la tensión Vcc2 para darle mayor margen de modo común. (Vcc2 > Vcc1), las dos entradas E1 y E2 estan conectadas a Vcc1 (tensión de alimentación de las puertas logicas) atraves de R1 yR2 . T4, fija la tensión de referencia para la fuente de

referencia para la fuente de corriente.

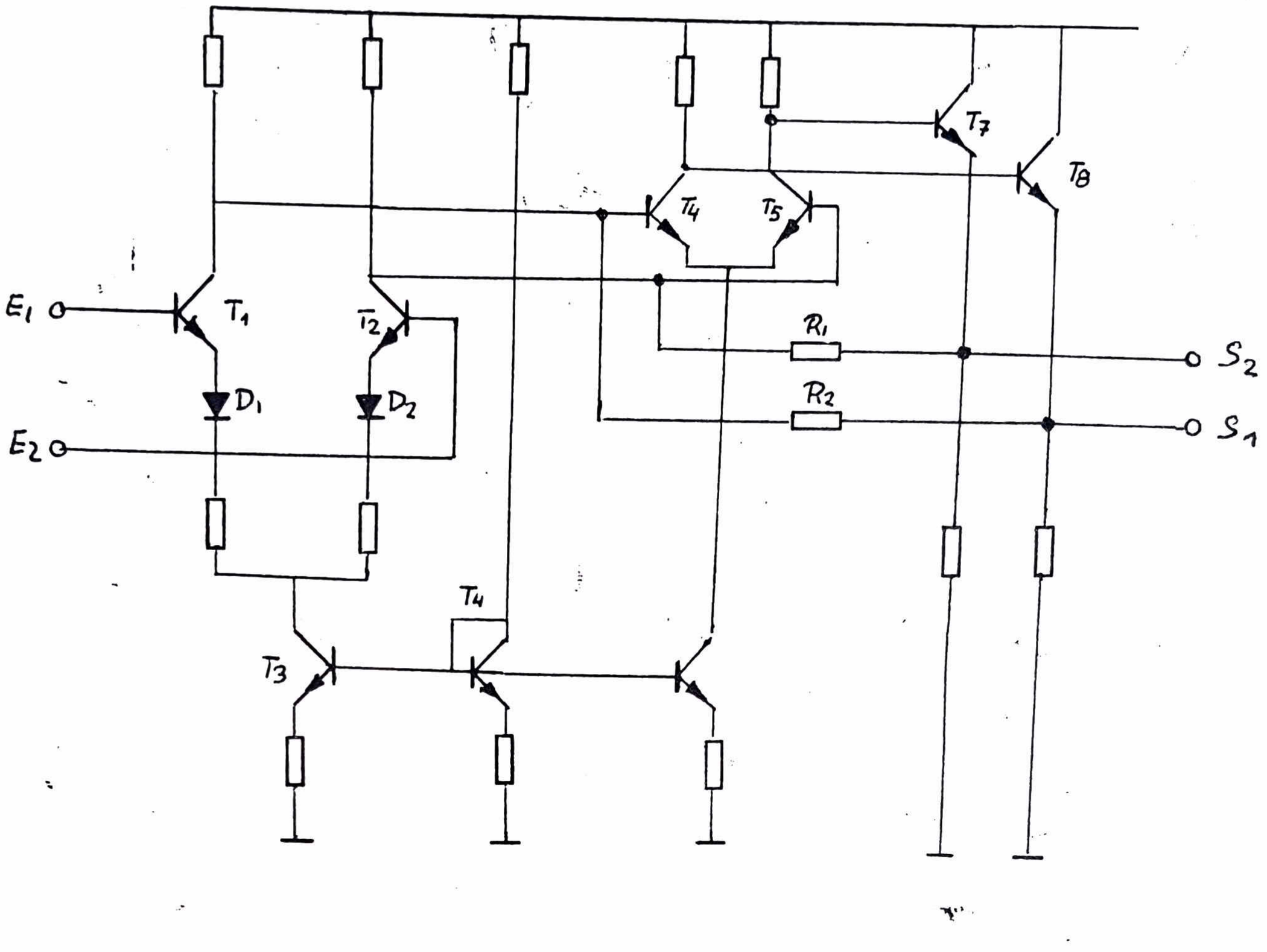
La salida se toma en el colector de T1 y el zener desplaza el nivel de continua para la puerta T.T.L. posterior T5, T6, T7 y T8;la entrada E3 es la entrada inhibición de la puerta NAND. Su esquema en bloques sería el de la figura:



Otro amplificador operacional es el comparador el cual tiene que tener las siguientes características:

- Elevada ganacia diferencial
- Baja ganancia en modo común
- Bajo tiempo de conmutación
- Baja corriente de polarización de entrada
- Tensión de salida insensible a las derivas térmicas
- Amplio margen de la tensión diferencial de entrada (los amplificadores operacionales normales no admiten grandes tensiones diferenciales de entrada, pues pueden perforarse por avalancha los transistores del par diferencial de entrada).

Un circuito típico de comparador sería el representado en la figuta:



El circuito consta de un par diferencial de entrada T1 y T2 seguidos de otro par diferencial T4 y T5 ; T3 y T6 son las fuentes de corriente; T4 actua como diodo y sirve para compensar termicamente todo el conjuto; D1 y D2 sirven para ampliar el margen de tensiones de entrada diferencial; T7 y T8 son adaptadores de impedancia para rebajar la impedancia de salida, la realimentación R1, R2 mejora el nivel de la tensión en continua de salida y estabiliza ganancia.

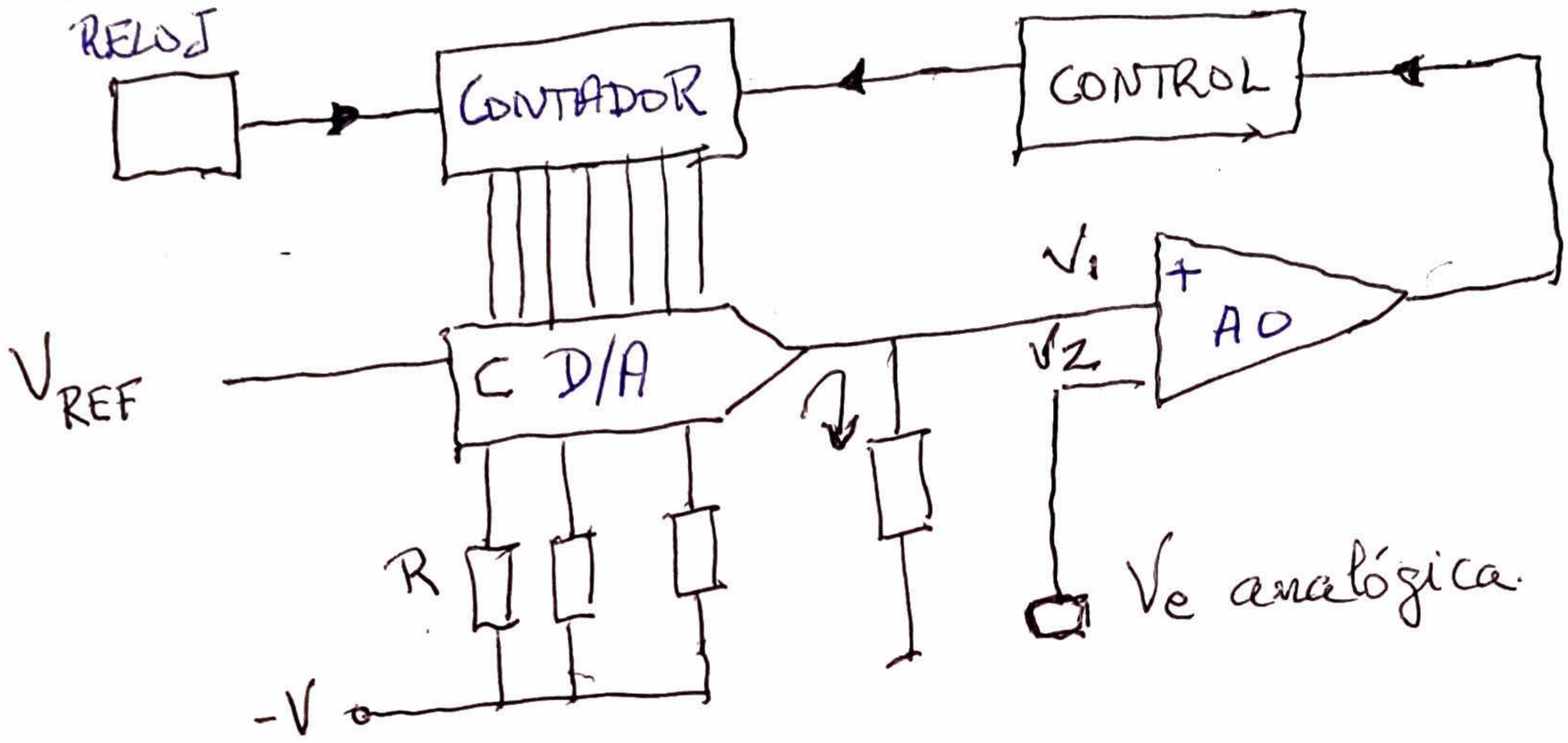
Las caracteristicas de este amplificador operacional serían:

- Ganacia diferencial 1500
- R.R.M.C. 86Db.
- Tiempo de conmutación 4 n.sg.
- Margen de tensión diferencial $\pm$ 4 V.
- Corriente de polarización de entrada 0'2 μA.
- Derivas termicas 5 μV/grado

Aplicación del comparador en el conversor Analogico/Digital:

El diagrama en bloques del conversor A/D es el de la figura donde

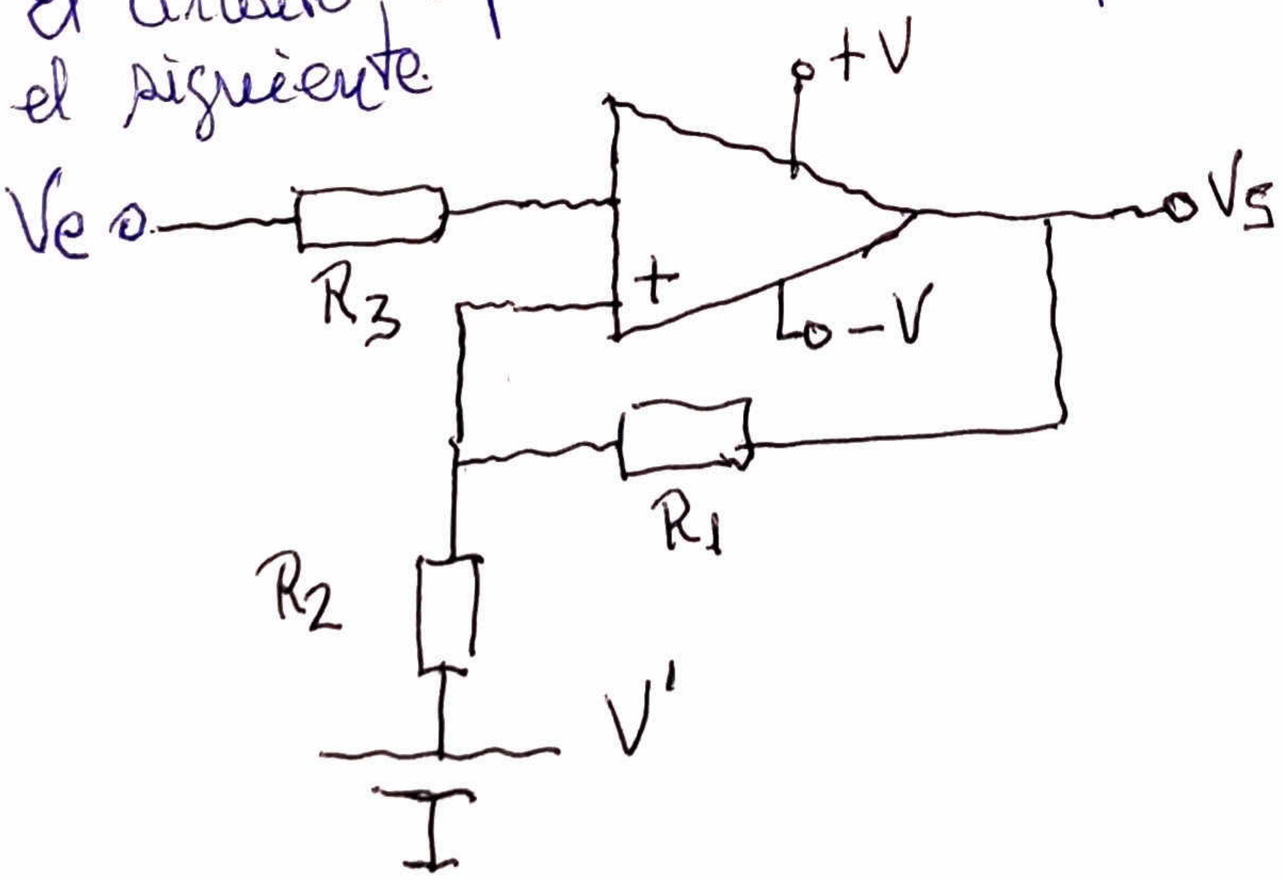
Comparadas detecta $V_1 - V_2$ y da tensión de salida "1" lógico si $V_1 > V_2$ ó "0" lógico si $V_1 < V_2$; esta salida gobierna el circuito lógico que actua sobre el conversor D/A.

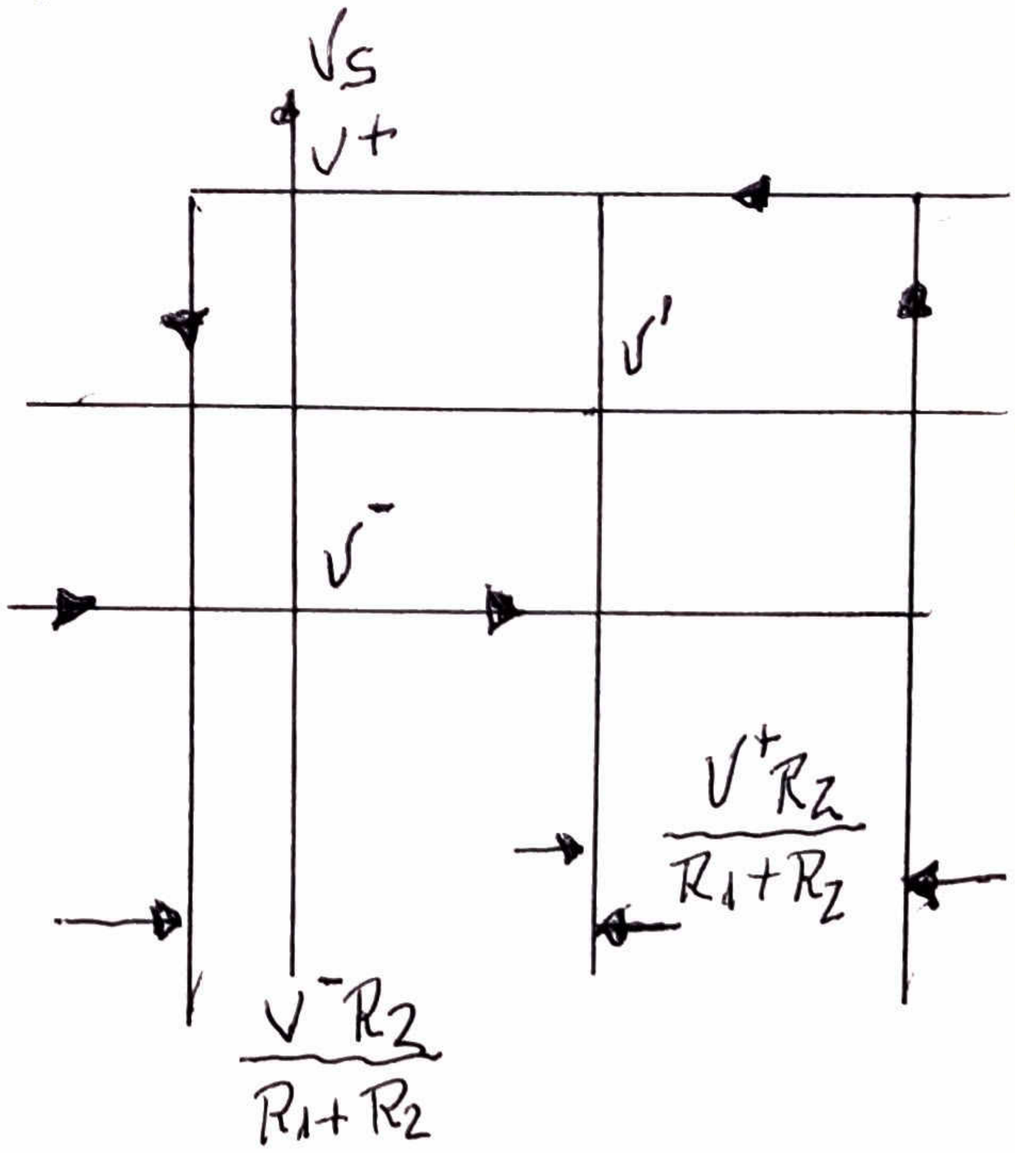


DISPARADOR SCHNITT

Si bien este elemento no es en sí un circuito digital, si es imprescindible para poder efectuar lectura digital de frecuencias o periodo de una señal analógica en la cual deseechamos su forma obteniendose sólo dos niveles de tensión a la salida: el primero se alcanza cuando la tensión de entrada supera una V_1, y sólo cae el segundo nivel, cuando la señal de entrada baja de otro determinado nivel V_2, llamándose ciclo de histéresis a la diferencia $V_1 - V_2$

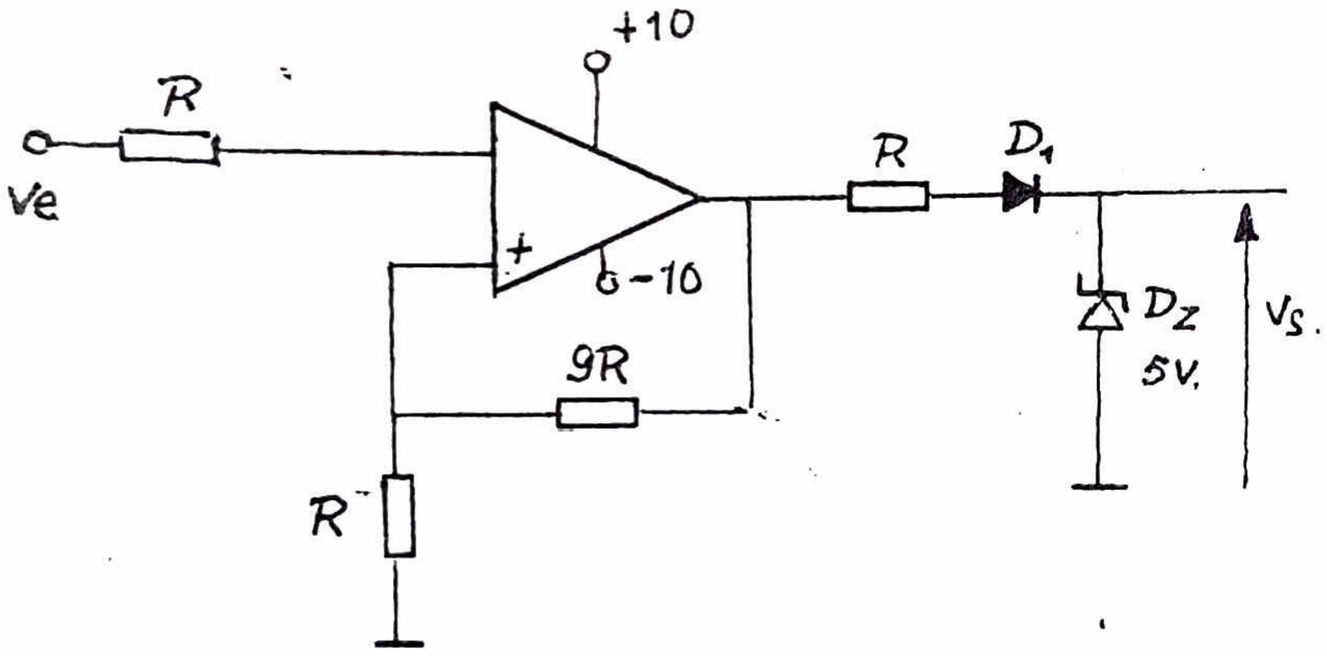
El circuito típico con un amplificador operacional comparador es el siguiente.

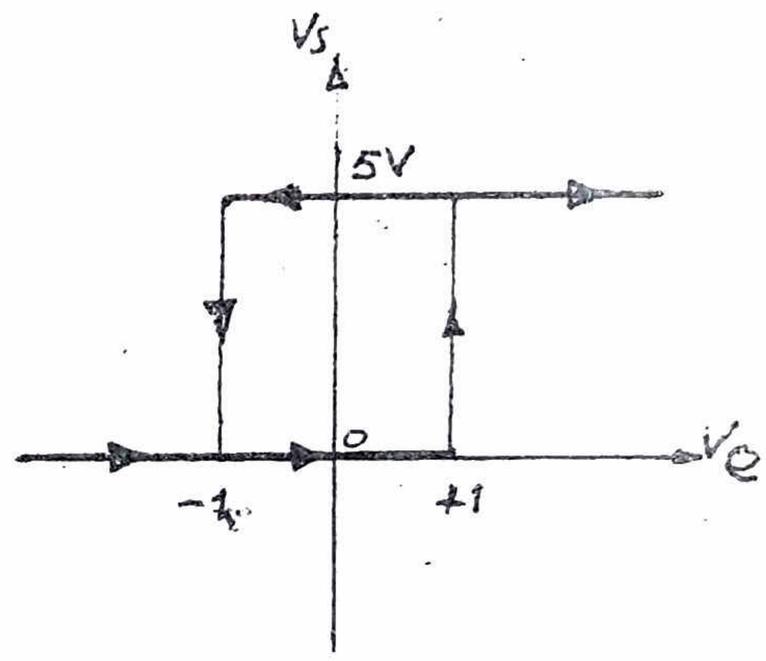




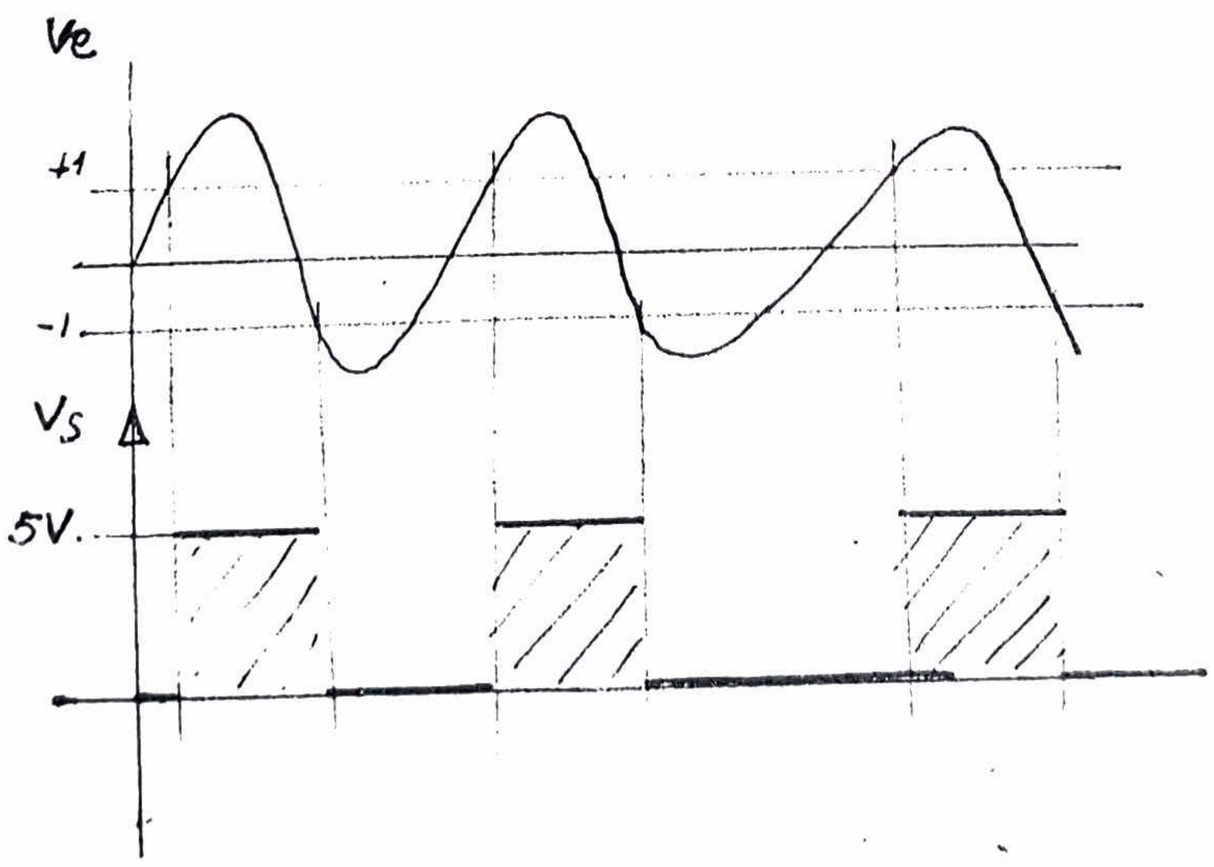
R1, R2 determinan el ciclo de histeresis; V' determina la tensión central del ciclo.
($R_3 = R_1 // R_2$ para la mínima offset de entrada)
Las tensiones de salida +Vcc y -Vcc pueden ser asignadas como los niveles del "1" logico y del "0" logico; si bien estos dos niveles no son aceptables para las puertas posteriores se podria ~~eeeptar~~ efectuar un desplazamiento de niveles.

Ejemplo: V de "0" logico igual 0 voltios; V del "1" logico igual 5 voltios; Vcc igual más menos 10 voltios; ciclo de histeresis más menos 1 voltio.





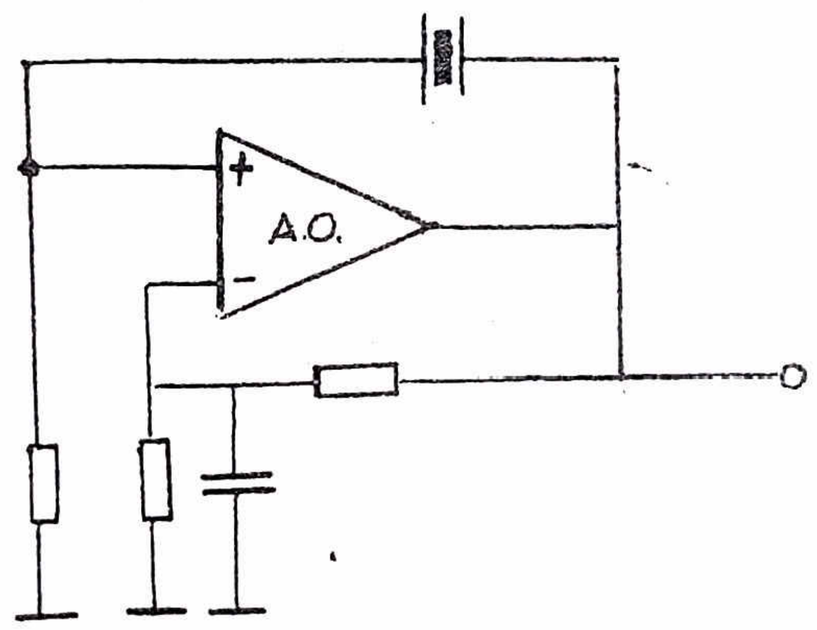
A este tipo de circuitos si le aplicamos una senoidal de entrada obtendriamos una forma de onda como la de la figura:



Multivibrador monoestable y aestable

ELECTRONICA ANALOGICA Y DIGITAL (A. Martín F.)

paginas de la 360 a la 363

(continuación del multivibrador astable)

El multivibrador aestable estudiado anteriormente puede ser mejorada su estabilidad en frecuencia cambiando el condensador del lazo de realimentación por un cristal de cuarzo, el cual fija mucho más la frecuencia de oscilación; un circuito típico sería el representado en la figura: